

Analysis of Solar Collector Fish Dryer with Split Stone Heat Storage Media

Afdal Faisal^{1*}, Yolli Fernanda¹, Arwizet K¹, Primawati¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

*Corresponding author: afdalfaisal06@gmail.com

Received Oktober 10th 2024; Revised Oktober 16th 2024; Accepted Oktober 21th 2024

Abstract

The use of solar energy as an alternative energy source has developed significantly in various applications. The fish dryer in this study utilizes solar energy, assisted by a solar collector, which uses split stones as a heat storage medium. The aim of this research is to enhance the usage of the solar collector fish dryer because it can be used when there is insufficient solar energy. The research method includes the design and creation of a dryer prototype, as well as measuring the temperature of incoming and outgoing air, including the relative humidity inside the drying chamber. The results revealed that utilizing split stones as a heat storage medium can maintain the air temperature in the drying chamber at an optimal level for a longer period, even with varying sunlight intensity. This research was conducted at the Mechanical Engineering Laboratory of Universitas Negeri Padang. The highest temperature achieved in the solar collector fish dryer with a heat storage medium in the oven or drying chamber was 40°C at 13:00 WIB, with a solar intensity of 503 W/m². The drying process of salted fish using split stones as a heat storage medium resulted in a moisture evaporation rate of 49.25% - 64.7% over 8 hours, with a drying rate of 0.068 g/m - 0.079 g/m. The collector's efficiency was 16.6% on the first day and 16.48% on the second day of testing.

Keywords: *solar drying; solar collector; thermal storage; dryer; fish dryer*

Analisa Alat Pengering Ikan Solar Kolektor dengan Media Penyimpan Panas Batu Split

Abstrak

Penggunaan energi surya sebagai sumber energi alternatif telah berkembang secara signifikan dalam berbagai aplikasi. Alat pengering ikan pada penelitian ini menggunakan sumber energi matahari yang dibantu oleh solar kolektor dengan menggunakan media batu split untuk menyimpan panas. Tujuan dari penelitian ini untuk mengeringkan ikan asin pirik menggunakan solar kolektor yang dapat menyimpan panas pada batu split yang dapat melepaskan panas ke alat pengering ikan. Metode penelitian mencakup proses pengeringan ikan asin pirik dengan variasi temperatur, waktu dan kelembaban relatif serta perbandingan kadar air ikan. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa pemanfaatan batu split sebagai media penyimpan panas dapat mempertahankan suhu udara di ruang pengering pada tingkat optimal untuk jangka waktu yang lebih lama, meskipun intensitas sinar matahari bervariasi. Penelitian ini dilakukan dihalaman Laboratorium Departemen Teknik Mesin Universitas Negeri Padang, Indonesia. Hasil pengujian alat pengering ikan solar kolektor dengan media penyimpan panas untuk temperatur tertinggi pada sisi oven atau ruang pengering adalah 40°C pada pukul 13.00 WIB dengan intensitas cahaya matahari 503 W/m^2 . Pengeringan ikan menggunakan media penyimpan panas batu split dengan tingkat penguapan kadar air untuk ikan asin pirik selama 8 jam yaitu 49,25% - 64,7%, untuk laju pengeringannya $0,068 \text{ g/m} - 0,079 \text{ g/m}$. Tingkat efisiensi kolektor adalah 16,6% pada hari pertama dan 16,48% pada hari kedua pengujian. Pada proses pengujian alat pengering ikan selama 16 jam terjadi pengurangan massa ikan sebesar 55,3 gram dengan massa awal 76 gram menjadi 20,7 gram.

Kata kunci: pengering surya; kolektor surya; ; penyimpan panas; alat pengering; pengering ikan

I. PENDAHULUAN

Pada wilayah Indonesia memiliki intensitas cahaya yang cukup tinggi karena lokasinya terdapat di garis khatulistiwa (Siregar & Siregar, 2019). Potensi energi matahari mencapai 207.9 GW, tetapi hanya digunakan 78,5 MW (Junaidi et al., 2021). Akibatnya, banyak penelitian telah dilakukan tentang penggunaan energi panas matahari, yang merupakan sumber energi terbarukan (Munawar Alfansury & Septiawan, 2023). Salah satu penggunaan energi panas matahari adalah untuk proses pengeringan suatu zat (Silvia et al., 2019).

Di wilayah padang, Sumatera Barat, Indonesia, pengeringan masih dilakukan dengan cara tradisional terutama masyarakat di wilayah sekitar pantai (Yahya, 2013). Cara tradisional yang digunakan adalah menggunakan lahan kosong atau rak yang dirancang khusus untuk menempatkan ikan sehingga terpapar langsung oleh sinar matahari. Akan tetapi metode ini masih memiliki beberapa kelemahan. Pengeringan tradisional perlu sinar matahari, lambat dan tergantung cuaca (Ricki Murti, 2010). Pengeringan ikan tradisional membutuhkan waktu 3 hari dengan kondisi cuaca cerah, 4-5 kali dibalik, agar merata (Yuliati et al., 2020). Penggunaan Solar Dryer berfungsi lebih baik dibandingkan dengan pengeringan langsung di bawah sinar matahari (Dharmawan & Lilipaly, 2023).

Solar dryer menggunakan energi matahari dan biomassa keringkan bahan pangan (Lande, 2023). Hasil pertanian dan hasil perikanan dengan tujuan untuk mempercepat proses pengeringan tanpa mengurangi mutu dari ruang pengering tanpa bahan/ikan dengan menggunakan surya kolektor adalah 43°C dengan intensitas cahaya matahari tertinggi 915 W/m^2 . Pada penelitian Saputra (Saputra et al., 2018b) mengenai alat pengering surya kolektor dengan thermal storage yaitu udara panas yang diambil secara langsung dari kolektor surya dan energi panas dapat disimpan dengan thermal storage.

A. Energi Surya

Energi adalah sumber daya yang diperlukan untuk melakukan kerja atau aktivitas, termasuk menjalankan suatu benda. Oleh karena itu, tidak ada aktivitas di alam semesta yang dapat berlangsung tanpa adanya sumber energi (Saputra et al., 2018a). Energi surya adalah salah satu elemen kunci dalam upaya diversifikasi sumber energi global, karena potensinya yang melimpah dan dapat dimanfaatkan diberbagai belahan dunia (Dwisari et al., 2023). Matahari dianggap sebagai benda hitam dengan suhu permukaan berkisar 5.762°K. Suhu di inti matahari berkisar antara 8 x 10⁶°K hingga 40 x 10⁶°K, dengan densitas mencapai 100 kali lipat dari densitas air (Hatta et al., 2019).

B. Pengering

Teori yang dikumpulkan oleh penulis dari berbagai sumber, termasuk beberapa jurnal yang pernah dipublikasikan, digunakan sebagai dasar untuk perancangan alat. Alat diuji di bawah sinar matahari. Ikan ditimbang sebelum dimasukkan untuk mengetahui jumlah air di dalamnya. Setelah itu, berat ikan dikeringkan diukur kembali dan suhu rak-rak dibaca (Arifin & Marsudi, 2018). Menurut Joko Winarno, Pengeringan adalah proses di mana *moisture content* bahan dikurangi mencapai *moisture content* tertentu. Ini menghentikan kerusakan bahan oleh aktivitas biologis dan kimia (Winarno & Hutomo, 2023). Pengeringan ikan 5, 80% (Arifin & Marsudi, 2018). Ada dua proses dalam mekanisme pengeringan yaitu evaporasi dan vaporasi. Evaporasi tercipta apabila tekanan uap air di permukaan mencapai keseimbangan dengan tekanan atmosfer. Proses ini dicapai dengan meningkatkan suhu uap air hingga mencapai titik didih, sementara itu vaporasi adalah proses pengeringan dilakukan melalui konveksi, yaitu dengan mengalirkan udara hangat ke permukaan produk. Udara tersebut kemudian didinginkan oleh produk, dan uap air yang dihasilkan dipindahkan dari produk dan terbawa oleh aliran udara. Dalam proses ini, tekanan uap air di atas padatan lebih rendah daripada tekanan atmosfer (Kurniawan, 2021).

Tahap laju pengeringan menurun melibatkan 2 cara, yaitu transfer air melalui bahan ke atas dan transfer uap air dari atas bahan keudara (Maulana et al., 2024).

Laju pengeringan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Laju pengeringan} = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{t} \quad (1)$$

Dimana :

Laju pengeringan = laju pengeringan(g/menit)

m_{awal} = massa sampel sebelum(g)

m_{akhir} = massa sampel sesudah(g)

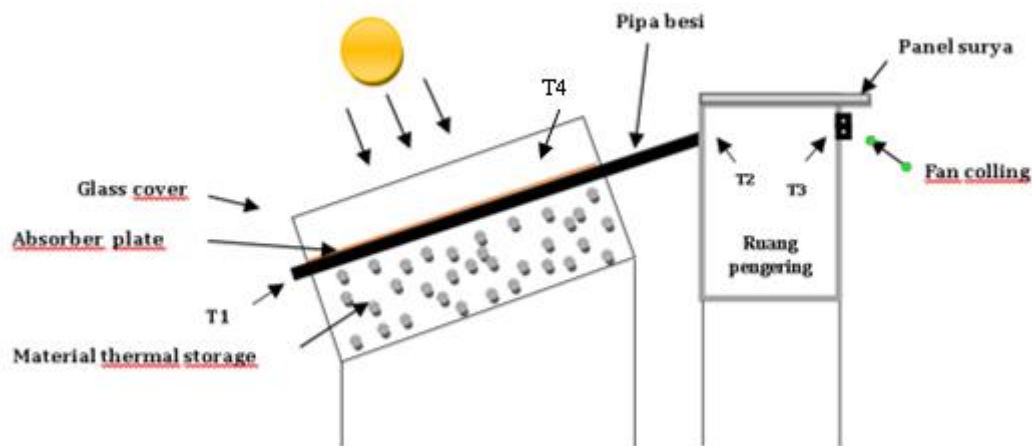
t = waktu pengeringan(menit)

Mekanisme pengeringan proses laju pengeringan suatu bahan sangatlah berguna, karena laju pengeringan mencerminkan seberapa cepat proses pengeringan berlangsung(Jha & Tripathy, 2021).

II. METODE PENELITIAN

- Deskripsi alat

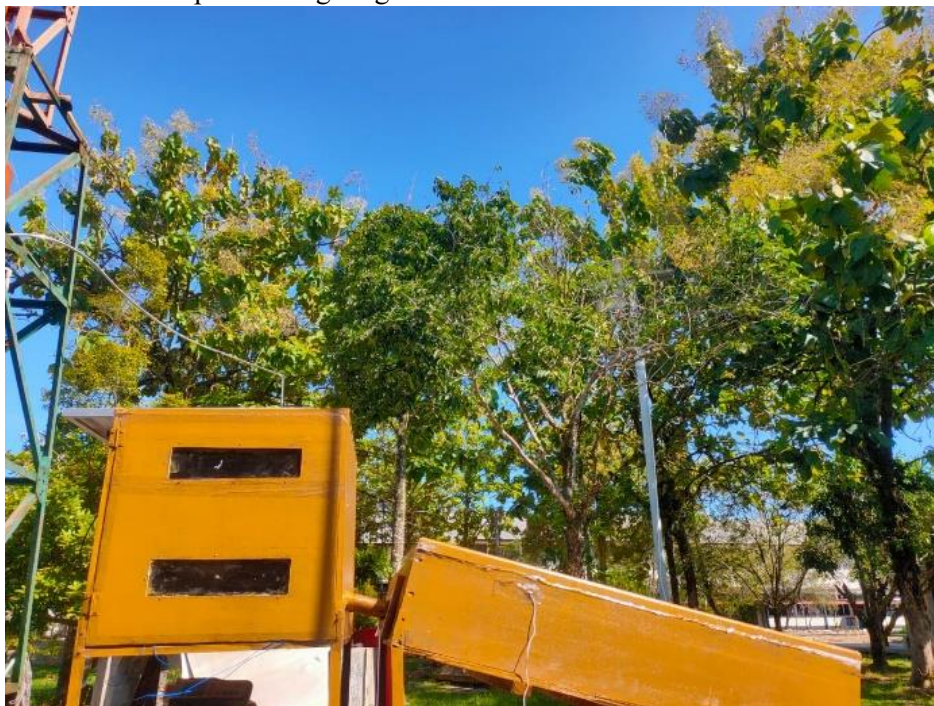
Alat pengering ikan merupakan tempat mengeringkan ikan menggunakan *solar collector* yang diletakkan dibawah sinar matahari sebagai alat untuk menyerap energi panas yang disusun di dalam boks dan ditutupi dengan batu split dan terdiri dari absorber plat dengan material aluminium dengan dimensi 1200cm x 800cm x 200cm yang nantinya akan menerima panas matahari serta ditutupi dengan kaca dengan ketebalan 4 mm.



Gambar 1. Skematik alat pengering ikan penyimpan as

Alat pengering memiliki dimensi Alat pengering ini menggunakan material penyimpan panas yaitu batu split, yang dapat melepaskan panas disaat kurang adanya energi matahari. Untuk mengalirkan panas dari *solar collector* ke alat pengering digunakan pipa besi dengan diameter 3cm dan panjang 150 cm. Pada alat pengering terdapat *fan cooling* untuk memaksimalkan panas pada ruang pengering, pada alat pengering terdapat panel surya yang berfungsi untuk menyalurkan listrik ke *fan cooling*.

Prosedur pengambilan data pada alat pengering dilakukan pengujian temperatur pada 4 titik yaitu pada sisi masuk kolektor, sisi keluar kolektor dan sisi keluar oven digunakan 2 termokopel untuk mengukur temperatur kering dan temperatur basahnya lalu pada sisi dalam kolektor untuk temperatur kolektor dan sisi luar kolektor untuk temperatur lingkungan.



Gambar 2. Alat pengering ikan penyimpan panas

Pengujian alat pengering ikan dilakukan selama dua hari yang dimulai pada 9.00 WIB - 17.00 WIB. Untuk jenis ikan digunakan pada pengujian ikan laut.



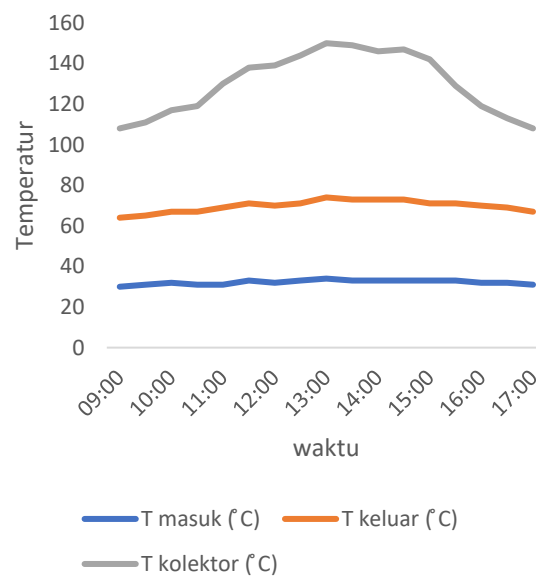
Gambar 3. Sampel pengujian ikan asin pirik.

III. HASIL PENELITIAN

Tabel 1. Pengujian alat pengering ikan selama 8 jam.

Hari	Waktu Jam	Intensitas Matahari Watt/m ²	Massa awal ikan gram	Massa akhir ikan gram
1	8	788	76	38
2	8	782	38	20,7

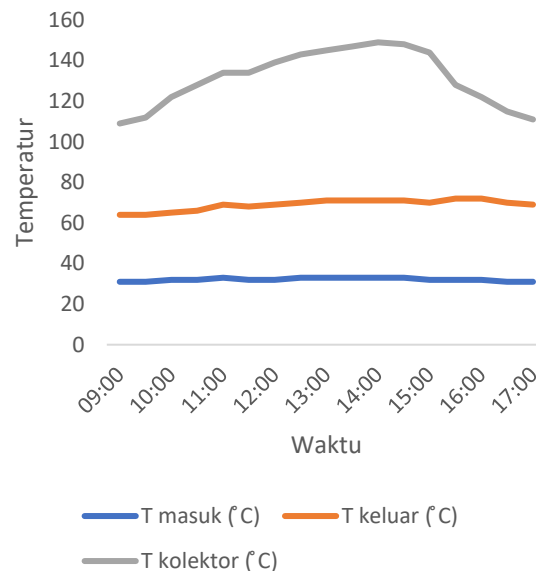
1. Pengujian pengeringan ikan pada hari ke 1 dilakukan selama 8 jam. Data dapat dilihat pada tabel 1. Data hasil pengujian alat pengering ikan hari ke-1 dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4. Grafik distribusi temperatur pengering ikan hari ke -1 (Temperatur kering)

Pada gambar 4 menunjukkan pengering ikan di media penyerap panas batu split selama proses pengeringan. Dibutuhkan 8 jam temperatur masuk pada kolektor bervariasi antara 30 °C sampai dengan 34 °C dengan nilai puncak 34 °C pada pukul 13.00 WIB. Sedangkan temperatur keluar pada kolektor bervariasi antara 34 °C sampai dengan 40 °C dengan nilai puncak adalah 40 °C pada pukul 13.00 sampai dengan pukul 14.30 WIB. Temperatur ikan pada ruang pengering bervariasi antara 31 °C sampai dengan 40 °C pada pukul 15.30 WIB.

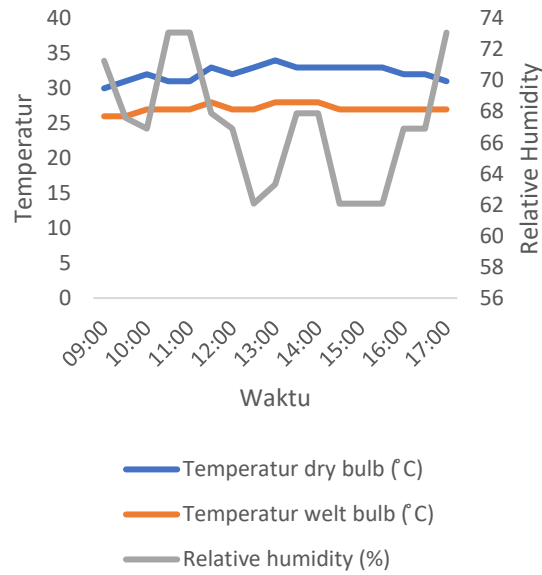
2. Data hasil pengujian alat pengering ikan hari ke-2 dilihat pada grafik berikut.



Gambar 5. Grafik distribusi temperatur pengering ikan hari ke-2 (Temperatur kering)

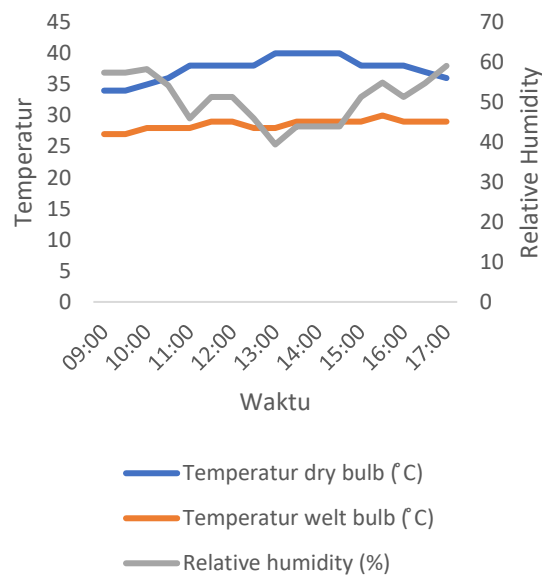
Pada gambar 5 menunjukkan pengering ikan pada media penyerap panas batu. Pada proses pengeringan Selama 8 jam temperatur masuk pada kolektor bervariasi antara 32 °C sampai dengan 33,6 °C dengan mendapatkan suhu tertinggi 33,6 °C pukul 14.00 WIB. Untuk temperatur keluar pada kolektor 33,5 °C sampai dengan dengan 40 °C dengan nilai puncak adalah 40 °C pada pukul 15.30 WIB. Temperatur ikan pada ruang pengering bervariasi antara 36,7 sampai dengan 40,8 pada pukul 14.30 WIB.

3. Data hasil pengujian alat pengering ikan pada hari ke-1 temperatur dan kelembapan pada sisi masuk kolektor dapat digambarkan pada grafik berikut.



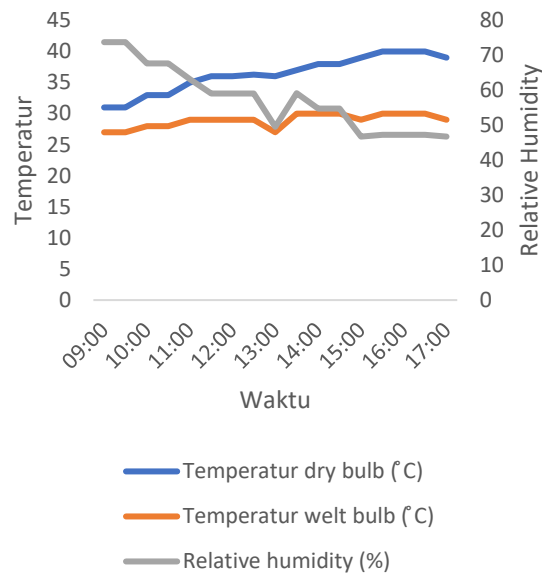
Gambar 6. Grafik Temperatur dan kelembapan alat pengering ikan hari ke-1 pada sisi 1

4. Data hasil pengujian alat pengering ikan pada hari ke-1 Temperatur dan kelembapan pada sisi keluar kolektor dapat digambarkan grafik berikut.



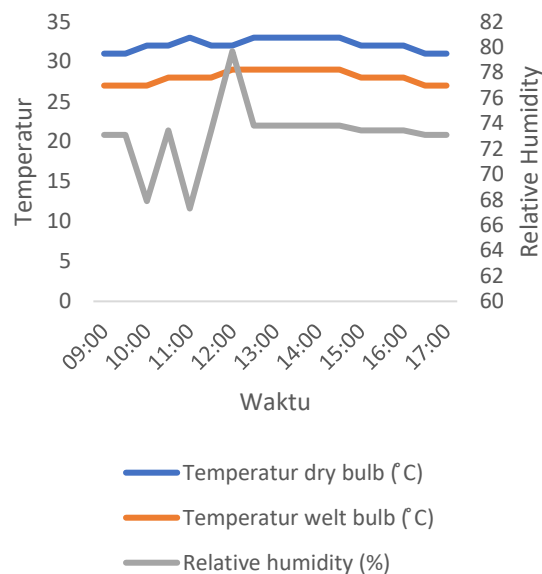
Gambar 7. Grafik temperatur dan kelembapan alat pengering ikan hari ke-1 pada sisi 2.

5. Data hasil pengujian alat pengering ikan pada hari ke-1 temperatur dan kelembapan pada sisi oven dapat digambarkan grafik berikut.



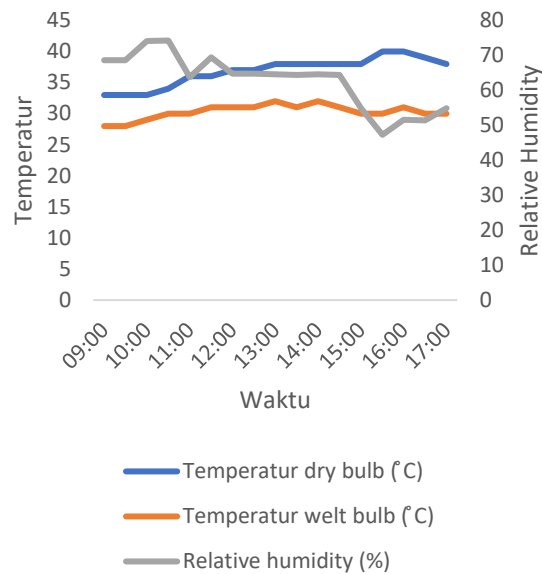
Gambar 8. Grafik temperatur dan kelembapan alat pengering ikan hari ke-1 pada sisi 3

6. Data hasil pengujian alat pengering ikan pada hari ke-2 temperatur dan kelembapan pada sisi masuk kolektor dilihat di grafik.



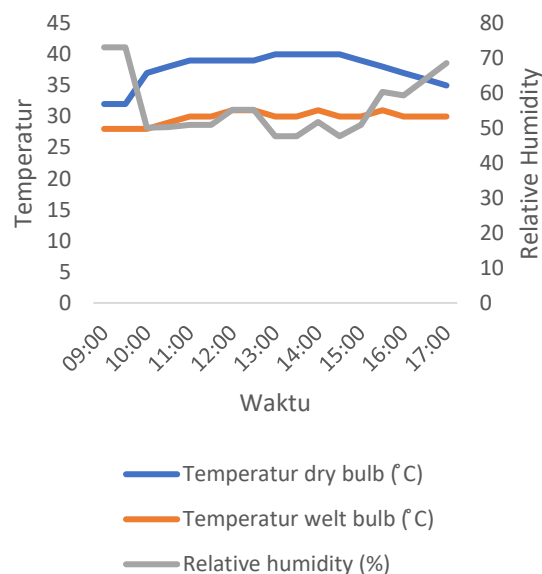
Gambar 9. Grafik temperatur dan kelembapan alat pengering ikan hari ke-2 sisi 1.

7. Data hasil pengujian alat pengering ikan pada hari ke-2 temperatur dan kelembapan pada sisi keluar kolektor keluar dilihat pada grafik.



Gambar 10. Grafik temperatur dan kelembapan alat pengering ikan hari ke-2 pada sisi 2

8. Data hasil pengujian alat pengering ikan pada hari ke-2 temperatur dan kelembapan pada sisi keluar oven terlihat di grafik.



Gambar 11. Grafik kelembapan alat pengering ikan hari ke-2 pada sisi 3.

IV. PEMBAHASAN

Berikut adalah langkah-langkah perhitungan yang menggunakan data hasil percobaan pada alat pengering ikan.

1. Kadar air

- a. Kadar air ikan proses pengeringan selama 8 jam dengan alat pengering penyimpan panas batu split pada hari ke-1 adalah:

$$X = \frac{w_0 - w_b}{w_0} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air ikan \%} &= \frac{76g - 38g}{76g} \times 100\% \\ &= 50\% \end{aligned}$$

Massa ikan yang akan dikeringkan 76gram setelah dilakukan proses pengeringan selama 9.00 WIB - 17.00 WIB menjadi 38gram.

- b. Kadar air ikan proses pengeringan selama 8 jam menggunakan alat pengering penyimpan panas batu split hari ke-2 adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kadar air ikan \%} &= \frac{38g-20,7g}{38g} \times 100\% \\ &= 45,47\% \end{aligned}$$

Massa ikan yang akan dikeringkan 38gram setelah dilakukan proses pengeringan selama 9.00 WIB - 17.00 WIB menjadi 20,7gram.

2. Laju pengeringan

- a. Laju pengeringan ikan selama proses pengeringan menggunakan alat pengering penyimpan panas batu split hari ke-1 adalah:

$$\begin{aligned} \text{laju pengering} &= \frac{76g-38g}{480 \text{ menit}} \\ &= 0,079 \text{ g/menit} \end{aligned}$$

- b. Laju pengeringan ikan selama proses pengeringan menggunakan alat pengering penyimpan panas batu split hari ke-2 adalah :

$$\begin{aligned} \text{laju pengering} &= \frac{38g-12g}{480 \text{ menit}} \\ &= 0,068 \text{ g/menit} \end{aligned}$$

3. Kelembaban pada alat pengering ikan diukur dalam 3 titik yaitu pada temperatur masuk, temperatur keluar dan temperatur ruang pengering.

- a. Pada temperatur masuk dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 10. Pada hari ke-1 pengujian dari 9.00 - 17.00 WIB didapatkan kelembaban dari 68,3 % sampai dengan 43,79% dimana kelembaban tertinggi pada pukul 10.00 WIB yaitu 68,3%, nilai kelembaban terendah pada 17.00 WIB. Pada hari ke-2 nilai kelembaban didapatkan dari 74,1% sampai dengan 47% dimana nilai kelembaban tertinggi pada pukul 10.00 WIB yaitu 74,1%, kelembaban terendah pada pukul 15.30 WIB yaitu 47%.
- b. Pada titik temperatur keluar dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 11. Pada hari ke-1 pengujian dari 9.00 sampai 17.00 WIB didapatkan nilai kelembaban dari 63,98% sampai dengan 42,73% dimana kelembaban tertinggi pada pukul 17.00 WIB yaitu 63,98%, lalu nilai kelembaban terendah pada pukul 13.00 WIB yaitu 42,73%. Lalu pada hari ke-2 pengujian didapatkan nilai kelembaban dari 79,6 % sampai dengan 47,1%. Dimana nilai tertinggi kelembaban pada pukul 9.00 WIB yaitu 79,6%, nilai kelembaban terendah pada pukul 14.00 WIB yaitu 47,1%.
- c. Pada titik temperatur ruang pengering dapat dilihat pada gambar 9 dan gambar 11. Pada hari ke-1 dilakukan pengujian dari 9.00 - 17.00 WIB didapatkan nilai kelembaban dari 73,88% sampai dengan 62,82%. Dimana nilai kelembaban tertinggi pada pukul 10.30 WIB yaitu 73,88%, lalu nilai kelembaban terendah pada pukul 12.30 WIB yaitu 62,82%. Pada hari ke-2 didapatkan nilai kelembaban dari 79,8% sampai 61,8%, dimana nilai kelembaban tertinggi pada 9.00 WIB, lalu nilai kelembaban terendah pada 10.00 WIB.

4. Efisiensi kolektor

- a. Efisiensi kolektor pada lat pengering ikan pada hari ke-1 adalah:

$$Q_u = m \times c_p \times (T_0 - T_i) \times 100\%$$

$$m = \rho \cdot A_k \cdot V$$

$$= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,7228 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m/s}$$

$$= 5,16 \text{ kg/s}$$

$$Q_u = 5,16 \text{ kg/s} \times 1,0035 \text{ J/kg} \cdot \text{C} \times (50,7 \text{ C} + 273,15 \text{ K}) - (31,05 \text{ C} + 273,15 \text{ K}) \times 100\% \\ = 1372,71 \text{ kJ}$$

$$Q_{in} = 503 \text{ W/m}^2 \times 1,7228 \text{ m}^2 \\ = 866,56 \text{ kJ}$$

$$\eta_c = Q_u / Q_{in} \times 100\% \\ = (1418,26) / (866,56 \text{ kJ}) \times 100\% \\ = 16,36 \%$$

Jadi efisiensi pada kolektor surya alat pengering ikan media penyimpan panas batu split hari ke-1 adalah 16,36%

- b. Efisiensi kolektor pada alat pengering ikan pada hari ke-2

$$\eta_c = Q_u / Q_{in} \times 100\% \\ = (1428,46) / (866,56 \text{ kJ}) \times 100\% \\ = 16,48 \%$$

Jadi pada hari ke-2 efisiensi kolektor surya alat pengering ikan media penyimpan panas batu split lebih tinggi daripada hari ke-1 yaitu 16,48%

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada alat pengering ikan dengan media penyimpan panas, pengurangan kadar air ikan, laju pengeringan dan efisiensi surya kolektor pada alat pengering ikan dapat diambil kesimpulan bahwa alat pengering ikan mampu mengurangi kadar air dengan cepat, mengubah massa ikan dari 76g ke 38g dengan persentase 50% pengurangan kadar air pada pengujian di hari pertama. Sedangkan pada hari kedua massa ikan berubah dari 38g ke 20,7g dengan persentase 45,47%, untuk tingkat laju pengeringannya dari 0,068 g/s sampai dengan 0,079 g/s. Lalu alat pengering ikan ini memiliki efisiensi 16,58% pada hari pertama pengujian dan 16,36% pada hari kedua pengujian.

REFERENSI

- Arifin, J., & Marsudi, M. (2018). Analisa Pengering Ikan Air Tawar Dengan Menggunakan Sistem Hybrid Kolektor Surya Tipe Rak Dengan Solar Cell. *Info-Teknik*, 19(2), 211. <https://doi.org/10.20527/jit.v19i2.155>
- Dharmawan, E. A., & Lilipaly, E. R. M. A. P. (2023). Efisiensi Solar Dryer Untuk Pengawetan Ikan Dan Pisang. *Jurnal Simetrik*, 13(1), 638–649. <https://doi.org/10.31959/js.v13i1.1238>
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>
- Hatta, M., Syuhada, A., & Fuadi, Z. (2019). Sistem pengeringan ikan dengan metode hybrid. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 9–18.
- Jha, A., & Tripathy, P. P. (2021). Recent Advancements in Design, Application, and Simulation Studies of Hybrid Solar Drying Technology. In *Food Engineering Reviews* (Vol. 13, Issue 2). Food Engineering Reviews. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09223-2>
- Junaidi, R., Zulfadli, & Teuku Yusuf, M. (2021). Kajian Perpindahan Panas Pada Solar Water Heater Dengan Sudut Kemiringan Kolektor 40°. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 2(2), 28–33. <https://doi.org/10.55616/jitu.v2i2.186>
- Kurniawan, Y. (2021). *Storage, Energy Dasar, Konsep Penyimpanan, Sistem*.
- Lande, M. (2023). Solar Dryer paper IIIE. *Industrial Engineering Journal*, 52(December), 125–135.

- Maulana, I., Anggara, M., Hidayat, A., Sarjana, P., Mesin, T., Sistem, F. R., Alang, M. B., Hulu, M., Mesin, P. T., Sistem, F. R., Sumbawa, U. T., & Hulu, M. (2024). *Pengeringan Terhadap Laju Pengeringan Dan Kadar Air Kerupuk Analysis Of The Influence Of Hot Air Flow Rate And Drying Time On The Drying Rate And Moisture Content Of Automatic Tapioca*. 2(1), 34–43.
- Munawar Alfansury, & Septiawan, W. (2023). Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(1), 137–143. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>
- Ricki Murti, M. (2010). Performansi Pengering Ikan Aliran Alami memanfaatkan Energi Kombinasi Kolektor Surya dan Tungku Biomassa. *Jurnal Energi Dan Manufaktur, Vol 4, No.2 Oktober 2010*.
- Saputra, K. B., Aziz, A., Termal, L. R., Mesin, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2018a). *Pengaruh Penyimpan Panas Pada Alat Pengering Surya*. 5, 1–5.
- Saputra, K. B., Aziz, A., Termal, L. R., Mesin, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2018b). *Pengaruh Penyimpan Panas Pada Alat Pengering Surya Pemanasan Langsung Tipe Kabinet terhadap Temperatur dan Massa Bahan Pisang yang Dikeringkan*. 5, 1–5.
- Silvia, E., Yuwana, Y., & Sidebang, B. (2019). Performance of Modified Hybrid Solar Dryer on the Drying Process of Robusta Cherry Coffee. *Jurnal Agroindustri*, 9(2), 94–101. <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.9.2.94-101>
- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 165–170. <https://doi.org/10.30596/rmme.v2i2.3671>
- Winarno, J., & Hutomo, S. G. (2023). Investigasi Kinerja Energi dan Eksergi Pengering Surya Konveksi Alamiah Terdistribusi dengan Media Penyimpan Panas Pasir. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 175. <https://doi.org/10.32497/jrm.v18i2.4097>
- Yahya, M. (2013). Alat Pengering Hasil-Hasil Pertanian untuk daerah pedesaan di sumatera barat. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 26–31.
- Yuliati, S., Kalsum, L., Junaidi, R., Rizqi Ramadhani Azizah, R., Andea Utami, W., Martiyah Ningrum, G., Kimia Industri, T., Kimia, T., & Negeri Sriwijaya Jl Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, P. (2020). Design of Tray Dryer Hybrid System (Solar-Heater) for Drying Salted Fish. *Jurnal Kinetika*, 11(02), 10–18. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>